


**CIRCULARLY POLARIZING ELEMENT AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME**

**Patent number:** JP2003262732  
**Publication date:** 2003-09-19  
**Inventor:** UMETANI MASAKI  
**Applicant:** DAINIPPON PRINTING CO LTD  
**Classification:**  
- **international:** G02B5/30; G02F1/1335  
- **european:** G02B5/30L  
**Application number:** JP20020067058 20020312  
**Priority number(s):** JP20020067058 20020312

**Also published as:**

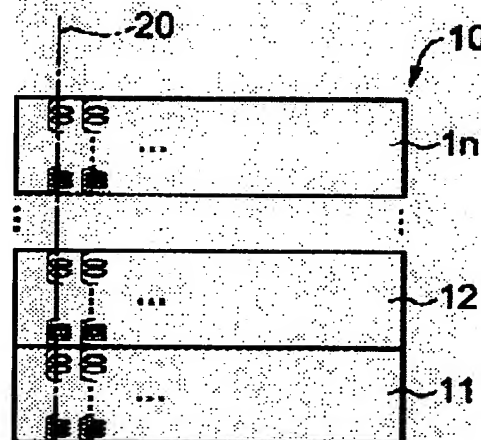
 US2003174276 (A1)

[Report a data error here](#)

**Abstract of JP2003262732**

**<P>PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a circularly polarizing element with excellent orientation and excellent optical characteristics and, at the same time, easily and stably controlling a reflection/transmission ratio or the like of a circularly polarized light component.

**<P>SOLUTION:** The circularly polarizing element 10 is constructed as a laminated body of  $n$  layers of liquid crystal layers 11, 12, ..., 1 $n$  respectively having cholesteric phase structure. The respective liquid crystal layers 11, 12, ..., 1 $n$  are laminated together in a state in which respective helical axes 20 are aligned to the thickness direction. The respective liquid crystal layers 11, 12, ..., 1 $n$  are provided with the same helical winding direction. The respective liquid crystal layers 11, 12, ..., 1 $n$  are wide band liquid crystal layers selectively reflecting circularly polarized light components of wide band wavelength regions and their selective reflection wavelength regions overlap over a specified wide band. The respective liquid crystal layers 11, 12, ..., 1 $n$  have respective wavelength regions of reflected circularly polarized light components widened by continuously varying helical pitches of liquid crystal molecules toward the thickness direction in each of the single liquid crystal layers. Preferably the respective liquid crystal layers 11, 12, ..., 1 $n$  cover a wavelength region of  $\geq 200$  nm range. **<P>COPYRIGHT:** (C)2003,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

**This Page Blank (uspto)**

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-262732

(P2003-262732A)

(43)公開日 平成15年9月19日(2003.9.19)

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームコード(参考)

G 0 2 B 5/30

G 0 2 B 5/30

2H049

G 0 2 F 1/1335 5 1 0

G 0 2 F 1/1335 5 1 0

2H091

審査請求 未請求 請求項の数9

O L

(全9頁)

(21)出願番号 特願2002-67058(P2002-67058)

(22)出願日 平成14年3月12日(2002.3.12)

(71)出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72)発明者 梅 谷 雅 規

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大

日本印刷株式会社内

(74)代理人 100075812

弁理士 吉武 賢次 (外6名)

Fターム(参考) 2H049 BA03 BA42 BB03 BC22

2H091 FA07Z FA14X FA14Z FD06 FD23

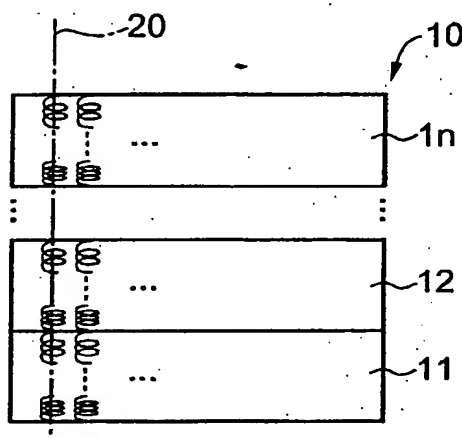
HA18 LA18 LA30

(54)【発明の名称】円偏光素子およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 配向状態が良好でかつ光学特性に優れるとともに、円偏光成分の反射／透過の比率等の制御を容易にかつ安定して行うことができる、円偏光素子を提供する。

【解決手段】 円偏光素子10は、コレステリック相構造を有するn層の液晶層11, 12, ..., 1nの積層体として構成されている。なお、各液晶層11, 12, ..., 1nは、厚さ方向に螺旋軸20が向くような状態で互いに積層されている。また、各液晶層11, 12, ..., 1nは、同一の螺旋巻き方向を有している。なお、各液晶層11, 12, ..., 1nは、広帯域の波長域の円偏光成分を選択的に反射する広帯域液晶層であり、その選択反射波長帯域は所定の広帯域に亘って互いに重なっている。なお、各液晶層11, 12, ..., 1nは、単一の液晶層内で液晶分子の螺旋ピッチを厚さ方向に連続的に変化させることにより、反射される円偏光成分の波長域を広帯域化したものである。各液晶層11, 12, ..., 1nは、好ましくは200nm以上の範囲の波長域をカバーするようにするとよい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】コレステリック相構造を有する少なくとも 2 層の液晶層であって、厚さ方向に螺旋軸が向くような状態で互いに積層された少なくとも 2 層の液晶層を備え、

前記少なくとも 2 層の液晶層はいずれも、広帯域の波長域の円偏光成分を選択的に反射する広帯域液晶層であり、その選択反射波長帯域が所定の広帯域に亘って互いに重なることを特徴とする、円偏光素子。

【請求項 2】前記各広帯域液晶層は、単一の液晶層内で液晶分子の螺旋ピッチを厚さ方向に連続的に変化させることにより、反射される円偏光成分の波長域を広帯域化したものであることを特徴とする、請求項 1 に記載の円偏光素子。

【請求項 3】前記各広帯域液晶層は、液晶分子の螺旋ピッチが異なる複数の液晶層を積層することにより、反射される円偏光成分の波長域を広帯域化したものであることを特徴とする、請求項 1 に記載の円偏光素子。

【請求項 4】前記各広帯域液晶層は、200 nm 以上の範囲の波長域をカバーすることを特徴とする、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の円偏光素子。

【請求項 5】前記少なくとも 2 層の液晶層は実質的に同一の液晶層であることを特徴とする、請求項 1 に記載の円偏光素子。

【請求項 6】コレステリック相構造を有する少なくとも 2 層の液晶層であって、厚さ方向に螺旋軸が向くような状態で互いに積層された少なくとも 2 層の液晶層を備え、

前記少なくとも 2 層の液晶層はいずれも、広帯域の波長域の円偏光成分を選択的に反射するよう、各液晶層内で液晶分子の螺旋ピッチが変化していることを特徴とする、円偏光素子。

【請求項 7】前記各液晶層の螺旋ピッチは短ピッチ側から長ピッチ側へ向けて単調的に変化し、前記各液晶層は、隣接した液晶層における螺旋ピッチの変化の方向が前記厚さ方向に関して互いに反対になるような関係で積層されていることを特徴とする、請求項 6 に記載の円偏光素子。

【請求項 8】前記各液晶層の螺旋ピッチは短ピッチ側から長ピッチ側へ向けて単調的に変化し、前記各液晶層は、隣接した液晶層における螺旋ピッチの変化の方向が前記厚さ方向に関して互いに同一になるような関係で積層されていることを特徴とする、請求項 6 に記載の円偏光素子。

【請求項 9】基材上に、広帯域の波長域の円偏光成分を選択的に反射する広帯域液晶層原材を成膜する工程と、成膜された前記広帯域液晶層原材から複数の広帯域液晶層を切り出す工程と、

円偏光成分の反射率または透過率が所望の値となるように、切り出された前記複数の広帯域液晶層のうちの任意数の広帯域液晶層を互いに積層する工程とを含むことを特徴とする、円偏光素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示装置等のディスプレイ装置で用いられる光学素子に係り、とりわけ、コレステリック相構造を有する液晶層を備えた円偏光素子およびその製造方法に関する。なお、本明細書中において「液晶層」という用語は、光学的に液晶の性質を有する層という意味で用い、層の状態としては、流動性のある液晶相の状態の他、液晶相の持つ分子配列を保って固化された固相の状態も含む。

## 【0002】

【従来の技術】従来から、コレステリック相構造を有する液晶層を備え、液晶分子の螺旋ピッチに対応する波長の右旋または左旋の円偏光成分の一方を反射して他方を透過する円偏光素子が知られている。また、このような円偏光素子では、選択的に反射される円偏光成分の波長域を広帯域化するための方法として、単一の液晶層内で液晶分子の螺旋ピッチを厚さ方向に連続的に変化させる方法が知られている（特開平 6-281814 号公報等）。また、液晶分子の螺旋ピッチが異なる複数の液晶層を積層する方法（特願 2001-56916 号）や、2 層のコレステリック液晶ポリマー層を圧着した後、熱処理により段階的に液晶分子の螺旋ピッチを変化させる方法（特開平 11-44816 号公報等）も知られている。

【0003】ところで、このような円偏光素子において、高い円偏光反射率を確保するためには、液晶層の厚さを十分に大きくする必要がある。ここで、液晶層における円偏光反射率と厚さとの間には一定の関係があり、例えば、屈折率  $n=1.56$  のコレステリック液晶からなる液晶層により緑色（中心波長が 520 nm）の円偏光成分を反射する場合を例に挙げると、円偏光反射率と厚さとの関係は、図 6 に示すようなものとなる。図 6 から分かるように、円偏光反射率を 90% 以上にするためには、約 2.5  $\mu\text{m}$  程度の厚さが必要となる。

【0004】一般に、ある波長の円偏光成分を 90% 程度反射するには、コレステリック相構造における液晶分子の螺旋ピッチのピッチ数で、7~8 ピッチが必要となる。なお、1 ピッチは液晶分子が 360° 回転したときの螺旋軸方向の長さである。このため、ある波長の円偏光成分を 90% 程度反射するのに必要とされる厚さは、円偏光成分の波長およびコレステリック液晶の屈折率を用いて、次式（1）により表される。

## 【0005】

$$(\text{液晶層の厚さ}) = 8 \text{ ピッチ} \times (\text{円偏光成分の波長}) \div (\text{コレステリック液晶の屈折率}) \quad \dots (1)$$

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ここで、円偏光素子の波長域を広帯域化する方法として、単一の液晶層内で液晶分子の螺旋ピッチを厚さ方向に連続的に変化させる方法を取り、可視光領域の全域（例えば400～700nm）に亘って高い円偏光反射率を確保する場合には、液晶層を数10μm（例えば20μm以上）の厚膜で成膜する必要がある。一般に、液晶層が100mm×100mm以上の表面積をとる場合に、このような広い表面の全体に亘って良好な配向状態を確保するためには、液晶層の厚さは、10μm程度、より好ましくは5μm以下とする必要がある。これは、液晶層の厚さが大き過ぎると、オイリーストリークと呼ばれる配向欠陥や、フォーカルコニック構造の出現等の問題が発生しやすくなるからである。なお、このような問題が発生した場合には、白濁等の異常が引き起こされ、光学特性が著しく悪化する。

【0007】これに対し、円偏光素子の波長域を広帯域化する方法として、液晶分子の螺旋ピッチが異なる複数の液晶層を積層する方法、すなわち、短波長側から長波長側までの任意の波長域（狭帯域）の液晶層を複数積層する方法をとる場合には、各液晶層の厚さは数μm程度となるが、長波長側の液晶層については厚膜で成膜する必要があり、上述したような問題が発生しやすい。また、この方法では、各液晶層の塗布液組成や成膜条件等が異なるため、円偏光成分の反射／透過の比率等の制御が難しく、安定性にも欠ける、という問題がある。

【0008】本発明はこのような点を考慮してなされたものであり、配向状態が良好でかつ光学特性に優れるとともに、円偏光成分の反射／透過の比率等の制御を容易にかつ安定して行うことができる、円偏光素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、第1の解決手段として、コレステリック相構造を有する少なくとも2層の液晶層であって、厚さ方向に螺旋軸が向くような状態で互いに積層された少なくとも2層の液晶層を備え、前記少なくとも2層の液晶層は、広帯域の波長域の円偏光成分を選択的に反射する広帯域液晶層であり、その選択反射波長帯域が所定の広帯域に亘って互いに重なることを特徴とする、円偏光素子を提供する。

【0010】なお、本発明の第1の解決手段において、前記各広帯域液晶層は、単一の液晶層内で液晶分子の螺旋ピッチを厚さ方向に連続的に変化させることにより、反射される円偏光成分の波長域を広帯域化したもの、または、液晶分子の螺旋ピッチが異なる複数の液晶層を積層することにより、反射される円偏光成分の波長域を広帯域化したものであるとよい。また、前記各広帯域液晶層は、200nm以上の範囲の波長域をカバーすることが好ましい。さらに、前記少なくとも2層の液晶層は実

質的に同一の液晶層であることが好ましい。なお、ここでいう「実質的に同一」とは、円偏光透過率の公差が±5%以内、液晶層の厚さの公差が±5%以内、かつ選択反射波長帯域の公差が±5%以内であることをいうものとする。

【0011】本発明は、第2の解決手段として、コレステリック相構造を有する少なくとも2層の液晶層であって、厚さ方向に螺旋軸が向くような状態で互いに積層された少なくとも2層の液晶層を備え、前記少なくとも2層の液晶層はいずれも、広帯域の波長域の円偏光成分を選択的に反射するよう、各液晶層内で液晶分子の螺旋ピッチが変化していることを特徴とする、円偏光素子を提供する。

【0012】なお、本発明の第2の解決手段において、前記各液晶層の螺旋ピッチは短ピッチ側から長ピッチ側へ向けて単調的に変化し、前記各液晶層は、隣接した液晶層における螺旋ピッチの変化の方向が前記厚さ方向に関して互いに反対になるような関係で積層されていることが好ましい。また、前記各液晶層は、隣接した液晶層における螺旋ピッチの変化の方向が前記厚さ方向に関して互いに同一になるような関係で積層されていてもよい。なお、ここでいう「単調的な変化」とは、螺旋ピッチが厚さ方向に一定の傾向を持って増加または減少していることをいい、厳密な意味での単調変化（単調増加または単調減少）に限らず、階段状の増加または減少をも含む概念である。

【0013】本発明は、第3の解決手段として、基材上に、広帯域の波長域の円偏光成分を選択的に反射する広帯域液晶層原材を成膜する工程と、成膜された前記広帯域液晶層原材から複数の広帯域液晶層を切り出す工程と、円偏光成分の反射率または透過率が所望の値となるように、切り出された前記複数の広帯域液晶層のうちの任意数の広帯域液晶層を互いに積層する工程とを含むことを特徴とする、円偏光素子の製造方法を提供する。

【0014】本発明によれば、広帯域の波長域の円偏光成分を選択的に反射する複数の液晶層を積層することにより、高い円偏光反射率を有する円偏光素子を構成しているので、広帯域の波長域をカバーする円偏光素子であっても、円偏光反射率の低い薄膜の液晶層の積層体として構成することができる。ここで、薄膜の液晶層は、成膜時の配向制御を容易に行うことができるので、最終的に作製される円偏光素子を配向状態が良好でかつ光学特性に優れたものとして行うことができる。また、各液晶層の塗布液組成や成膜条件等を同一にする場合には、円偏光素子における円偏光成分の反射／透過の比率等の制御を容易にかつ安定して行うことができる。

## 【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【0016】図1に示すように、本実施の形態に係る円

偏光素子10は、コレステリック相構造を有するn層の液晶層11, 12, ..., 1nの積層体として構成されている。なお、各液晶層11, 12, ..., 1nは、厚さ方向に螺旋軸20が向くような状態で互いに積層されている。また、各液晶層11, 12, ..., 1nは、同一の螺旋巻き方向を有している。

【0017】ここで、各液晶層11, 12, ..., 1nは、液晶分子の物理的な分子配列として、液晶分子のダイレクターの方向が液晶層の厚さ方向に連続的に回転してなる螺旋構造をとっており、このような液晶分子の物理的な分子配列に基づいて、一方向の円偏光成分と、これと逆回りの円偏光成分とを分離する偏光分離特性を有している。すなわち、各液晶層11, 12, ..., 1nにおいて、螺旋軸20に沿って入射した自然光は、右旋および左旋の2つの円偏光成分に分離され、一方は透過され、他方は反射される。この現象は、円偏光二色性として知られ、液晶分子の螺旋構造における螺旋巻き方向を適宜選択すると、この螺旋巻き方向と同一の旋光方向を有する円偏光成分が選択的に反射される。

【0018】この場合の最大旋光光散乱は、次式(2)の波長 $\lambda_0$ で生じる。

$$\lambda_0 = n_a v \cdot p \quad \dots (2)$$

ここで、pは液晶分子の螺旋構造における螺旋ピッチ(液晶分子の分子螺旋の1ピッチ当たりの長さ)、 $n_a v$ は螺旋軸20に直交する平面内での平均屈折率である。

【0020】また、このときの反射光の波長バンド幅 $\Delta\lambda$ は次式(3)で表される。ここで、 $\Delta n$ は複屈折値である。

$$\Delta\lambda = \Delta n \cdot p \quad \dots (3)$$

【0021】すなわち、各液晶層11, 12, ..., 1nにおいて、入射した自然光は、上述したような偏光分離特性に従って、中心波長 $\lambda_0$ を中心とした波長バンド幅 $\Delta\lambda$ の範囲(選択反射波長帯域)の光の右旋または左旋の円偏光成分の一方が反射され、他方の円偏光成分および選択反射波長帯域を除く他の波長帯域の光(無偏光)が透過される。なお、反射された右旋または左旋の円偏光成分は、通常の反射とは異なり、位相が反転されることがなくそのまま反射される。

【0022】ここで、各液晶層11, 12, ..., 1nは、広帯域の波長域の円偏光成分を選択的に反射する広帯域液晶層であり、その選択反射波長帯域は所定の広帯域に亘って互いに重なっている。なお、各液晶層11, 12, ..., 1nは、単一の液晶層内で液晶分子の螺旋ピッチを厚さ方向に連続的に変化させることにより、反射される円偏光成分の波長域を広帯域化したもの(単層構成の液晶層)、または、液晶分子の螺旋ピッチが異なる複数の液晶層を積層することにより、反射される円偏光成分の波長域を広帯域化したもの(多層構成の液晶層)である。ここで、各液晶層11, 12, ..., 1nは、好

ましくは200nm以上の範囲の波長域をカバーするようにするとよく、より好ましくは400~700nmの範囲の可視光領域をカバーするようにするとよい。また、各液晶層11, 12, ..., 1nは、実質的に同一の液晶層であることが好ましい。なお、ここでの「実質的に同一」とは、円偏光透過率の公差が±5%以内、液晶層の厚さの公差が±5%以内、かつ選択反射波長帯域の公差が±5%以内であることをいうものとする。

【0023】なお、各液晶層11, 12, ..., 1nの螺旋ピッチは、上述した単層構成の液晶層または多層構成の液晶層のいずれの場合であっても、短ピッチ側から長ピッチ側へ向けて単調的に変化している。なお、螺旋ピッチの変化は、厳密に言うと、単層構成の場合には連続的な増加または減少であり、多層構成の場合には階段状の増加または減少であるが、本明細書中においては両者の変化をともに「単調的な変化」と呼ぶ。本実施の形態においては、このようにして螺旋ピッチが変化する液晶層11, 12, ..., 1nの積層の方法として、(1)各液晶層11, 12, ..., 1nを、隣接した液晶層における螺旋ピッチの変化の方向が厚さ方向に関して互いに反対になるような関係(図2(a)参照)で積層する方法、または、(2)各液晶層11, 12, ..., 1nを、隣接した液晶層における螺旋ピッチの変化の方向が互いに同一になるような関係(図2(b)参照)で積層する方法を用いる。

【0024】なお、上記(1)の方法では、図2(a)に示すように、例えば、1層目の液晶層11で螺旋ピッチを短ピッチ側から長ピッチ側へ変化させた場合には、2層目の液晶層12では長ピッチ側から短ピッチ側へと変化させ、3層目の液晶層13では再度短ピッチ側から長ピッチ側へと変化させる。なお、このような関係で積層された液晶層11, 12, ..., 1nを備えた円偏光素子10では、隣接した液晶層の界面でのピッチ長の差が小さく(場合によっては実質上同一となる)ので、屈折率差等に起因した界面反射を最小限に抑えることができ、界面反射に起因した光学特性の悪化を抑えることができる。また、上記(2)の方法では、図2(b)に示すように、各液晶層11, 12, ..., 1nでの螺旋ピッチの変化の方向を同一(例えば短ピッチ側から長ピッチ側への変化)にする。なお、このような関係で積層された液晶層11, 12, ..., 1nを備えた円偏光素子10では、各液晶層11, 12, ..., 1nの長ピッチの部分(一般的に長ピッチの部分では配向能が落ちてコレステリック相構造が乱れる)が厚さ方向に関して分散することとなるので、配向の乱れを最小限に抑えることができ、配向の乱れに起因した光学特性の悪化を抑えることができる。

【0025】また、各液晶層11, 12, ..., 1nの厚さは、各液晶層11, 12, ..., 1nの表面の全体に亘って良好な配向状態を確保することが可能な範囲内の大きさとなるように調整されている。すなわち、各液晶層

11, 12, ..., 1nは、円偏光反射率の低い薄膜の液晶層として構成されており、これらの薄膜の液晶層を複数積層することにより、高い円偏光反射率を有する円偏光素子10を作製する。具体的には例えば、円偏光反射率が55%程度である厚さ5μmの広帯域液晶層を4層積層することにより、90%程度の高い円偏光反射率を有する円偏光素子10を作製する。

【0026】なお、各液晶層11, 12, ..., 1nが上述した単層構成の液晶層として構成されている場合には、各液晶層11, 12, ..., 1nの厚さは、良好な配向状態が得られる範囲である、10μm以下、より好ましくは5μm以下であることが好ましい。なお、範囲の下限については、広帯域化が可能な厚さ、すなわち液晶層内で厚さ方向に螺旋ピッチの変化が生じる程度の厚さであれば特に限定はないが、好ましくは1μm以上が適切である。

【0027】一方、各液晶層11, 12, ..., 1nが上述した多層構成の液晶層として構成されている場合には、特に限定はないが、各液晶層11, 12, ..., 1n\*

$$R_2 = \frac{2a}{1+a}$$

【0030】同様に、同一の円偏光反射率（単層での円偏光反射率a）を有するk層の液晶層を積層した場合を想定すると、全体の円偏光反射率R<sub>k</sub>は次式（5）により近似的に求められる。なお、このときの円偏光透過率T<sub>k</sub>は、T<sub>k</sub>=1-R<sub>k</sub>の式に従って求められる。

【0031】

【数2】

$$R_k = \frac{ka}{1+(k-1)a} \quad \dots (5)$$

【0032】一方、異なる円偏光反射率（単層での円偏光反射率a, a'）を有する2層の液晶層を積層した場合を想定すると、全体の反射率R<sub>2</sub>'は次式（6）により近似的に求められる。なお、このときの円偏光透過率T<sub>2</sub>'は、T<sub>2</sub>'=1-R<sub>2</sub>'の式に従って求められる。

【0033】

【数3】

$$R_2' = \frac{(1-a)(1-a')}{1-aa'} \quad \dots (6)$$

【0034】ここで、上式（6）は、2層の液晶層のうちの一方が複数の液晶層の積層体である場合にも同様に適用することができるので、上式（6）を上式（4）または（5）と組み合わせる用いることにより、任意の円偏光反射率を有する任意数の液晶層の積層体の円偏光反射率（および円偏光透過率）を求めることができる。

【0035】これにより、上式（4）～（6）の下で、円偏光素子10の全体の円偏光反射率（および円偏光反射率）は次のような態様で制御することができる。すな

\*を構成する各層の厚さは、10μm以下、より好ましくは5μm以下であることが好ましい。また、各液晶層11, 12, ..., 1nの全体の厚さは、特に限定はないが、2μm以上50μm以下が適切である。

【0028】ここで、同一の円偏光反射率（単層での円偏光反射率a）を有する2層の液晶層を積層した場合を想定すると、全体の円偏光反射率R<sub>2</sub>は次式（4）により近似的に求められる。具体的には例えば、単層での円偏光反射率aが0.4（40%）である2層の液晶層を積層したときの全体の円偏光反射率R<sub>2</sub>は0.57（57%）となり、a=0.5（50%）ならばR<sub>2</sub>=0.67（67%）となる。なお、このときの円偏光透過率T<sub>2</sub>は、T<sub>2</sub>=1-R<sub>2</sub>の式に従って求められる。なお、以下の式（4）～（6）において、aおよびR<sub>2</sub>等は、パーセント値ではなく、パーセント値を100で割った値である。

【0029】

【数1】

$$\dots (4)$$

わち、同一の円偏光反射率を有する液晶層を積層する場合には、①積層される液晶層の数を固定とした上で、単層での円偏光反射率を適当に選定して全体の円偏光反射率を制御したり、②単層での円偏光反射率を固定とした上で、積層される液晶層の数を変更して全体の円偏光反射率を制御したりすることができる。また、異なる円偏光反射率を有する液晶層を積層する場合には、③液晶層の円偏光反射率を任意に選定して任意の数だけ積層することにより、全体の円偏光反射率を制御することができる。

【0036】なお、各液晶層11, 12, ..., 1nの材料としては、3次元架橋可能な重合性モノマー分子または重合性オリゴマー分子を用いることができる。ここで、重合性モノマー分子を用いる場合は、特開平7-258638号公報や特表平10-508882号公報に記載されているような液晶性モノマーおよびキラル化合物の混合物を用いることができる。また、重合性オリゴマー分子を用いる場合は、特開昭57-165480に記載されているようなコレステリック相を有する環式オルガノポリシロキサン化合物を用いることができる。ここで、「3次元架橋」とは、重合性モノマー分子または重合性オリゴマー分子を互いに3次的に重合して、網目（ネットワーク）構造の状態にすることを意味する。このような状態にすることによって、液晶分子を、液晶相の持つ分子配列を保ったまま光学的に固定化することができ、光学膜としての取り扱いが容易な、常温で安定したフィルム状の膜とすることができる。

【0037】なお、重合性モノマー分子または重合性オ



リグマー分子を所定の温度で液晶層にした場合には、これがネマチック状態になるが、ここに任意のカイラル剤を添加すれば、カイラルネマチック液晶（コレステリック液晶）となる。具体的には例えば、重合性モノマー分子または重合性オリグマー分子に、カイラル剤を数%～1.0%程度入れるとよい。なお、カイラル剤の種類を変えてカイラルパワーを変えるか、あるいは、カイラル剤の濃度を变化させることにより、重合性モノマー分子または重合性オリグマー分子のコレステリック規則性に起因する選択反射波長帯域を制御することができる。

【0038】次に、図3により、図1に示す円偏光素子10の製造方法について説明する。

【0039】まず、図3(a)に示すように、ポリイミド等からなる配向膜22が形成されたガラス基板21を準備し、この配向膜22上に、コレステリック規則性を有する液晶分子を含むコレステリック液晶溶液23を塗布する。なお、コレステリック規則性を有する液晶分子としては、上述したような重合性モノマー分子または重合性オリグマー分子からなる紫外線硬化型のネマチック液晶とカイラル剤とを混合したものを用いることができる。また、コレステリック液晶溶液23の溶媒としては、トルエンや、テトラヒドロフラン、キシレン、酢酸-3-メトキシブチル、シクロヘキサノン等を用いることができる。さらに、コレステリック液晶溶液23には、光重合開始剤を添加する。なお、光重合開始剤としては、一般的に用いられる任意のものを用いることができ、例えば、Irg907やIrg184、Irg361（いずれもCiba社製）等を用いることができる。

【0040】次に、図3(b)に示すように、ホットプレート等により50～90℃の温度でコレステリック液晶溶液23を加温したり、コレステリック液晶溶液23を減圧乾燥したりすること等により、コレステリック液晶溶液23中の溶媒を蒸発させ、未硬化状態の液晶層24を形成する。

【0041】その後、図3(c)に示すように、未硬化状態の液晶層24に対して、空気雰囲気下で弱い照射強度の紫外線を照射し、予め添加しておいた光重合開始剤と外部から照射した紫外線とによって重合を開始させることにより、未硬化状態の液晶層24中の液晶分子を3次元架橋（ポリマー化）して硬化させ、図3(d)に示すように、硬化状態の液晶層25を成膜する。ここで、ガラス基板21の配向膜22上に塗布された未硬化状態の液晶層24のうちガラス基板21と反対側の表面は、空気雰囲気に曝されており、空気中の酸素（酸素濃度約20%）により、紫外線の照射によるラジカル重合の阻害を受ける。このため、未硬化状態の液晶層24のうちガラス基板21と反対側の表面における液晶分子は、ガラス基板21側の表面における液晶分子に比べて硬化が困難となる。このとき、紫外線の照射強度を弱くすると、硬化が進行している領域と進行していない領域との間で液

晶成分の濃度分布が生じるので、このような液晶成分の濃度分布により、硬化状態の液晶層25内で液晶分子の螺旋ピッチを厚さ方向に連続的に変化させることができる。これにより、硬化状態の液晶層25の波長域が広帯域化される。

【0042】その後、図3(e)に示すように、ガラス基板21上に成膜された、広帯域液晶層原材料としての液晶層25から複数の液晶層11, 12, ..., 1nを切り出し（ガラス基板21から剥離し）、円偏光成分の反射/透過の比率が所望の値となるように、任意数の液晶層11, 12, ..., 1nを接着層（図示せず）を介して積層する。ここで、接着層の材料としては、光学接着剤（NOA65やNOA81（いずれもNORLAND社製））や、粘着シート等を用いることができる。なお、熱圧着等により積層する場合には、必ずしも接着層を介在させる必要はない。

【0043】これにより、最終的に、図3(f)に示すように、広帯域液晶層としてのn層の液晶層11, 12, ..., 1nを積層した円偏光素子10が作製される。

【0044】本実施の形態によれば、広帯域の波長域の円偏光成分を選択的に反射する複数の液晶層11, 12, ..., 1nを積層することにより、高い円偏光反射率を有する円偏光素子10を構成しているのので、広帯域の波長域をカバーする円偏光素子10であっても、円偏光反射率の低い薄膜の液晶層11, 12, ..., 1nの積層体として構成することができる。ここで、薄膜の液晶層11, 12, ..., 1nは、成膜時の配向制御を容易に行うことができるので、最終的に作製される円偏光素子10を配向状態が良好でかつ光学特性に優れたものとすることができる。

【0045】また、本実施の形態によれば、円偏光素子10を構成する複数の液晶層11, 12, ..., 1nを、ガラス基板21上に成膜された1つの液晶層25から切り出すことにより形成しているのので、各液晶層11, 12, ..., 1nの塗布液組成や成膜条件等を同一にすることができ、円偏光素子10における円偏光成分の反射/透過の比率等の制御を容易にかつ安定して行うことができる。また、液晶層25をフィルム状の膜としてあらかじめ大量に製造しておき、所望の仕様（円偏光成分の反射/透過の比率等）に応じて各液晶層11, 12, ..., 1nを切り出して円偏光素子10を作製することが可能となるので、製造コストを低減することができる。

【0046】なお、上述した実施の形態においては、円偏光素子10の各液晶層11, 12, ..., 1nの材料として、3次元架橋可能な重合性モノマー分子または重合性オリグマー分子を用いる場合を例に挙げて説明したが、これに限らず、液晶ポリマーを用いることもできる。この場合には、配向された液晶ポリマーを冷却してガラス状態にすることにより、各液晶層11, 12, ..., 1nを形成することができる。なお、液晶ポリマー



としては、液晶を呈するメソゲン基を主鎖、側鎖、あるいは主鎖および側鎖の両方の位置に導入した高分子、コレステリル基を側鎖に導入した高分子コレステリック液晶、特開平9-133810号公報に記載されているような液晶性高分子、特開平11-293252号公報に記載されているような液晶性高分子等を用いることができる。

【0047】また、上述した実施の形態においては、円偏光素子10の波長域を広帯域化する方法として、各液晶層11, 12, ..., 1nの液晶分子の螺旋ピッチを厚さ方向に連続的に変化させる方法を用いているが、これに限らず、液晶分子の螺旋ピッチが異なる複数の液晶層を積層する方法等の他の任意の方法を用いることができる。また、各液晶層11, 12, ..., 1nの液晶分子の螺旋ピッチを厚さ方向に連続的に変化させる方法としても、上述した方法に限らず、特開平6-281814号公報や、特許第3062150号公報、米国特許第5691789号明細書等に記載された他の任意の方法を用いることができる。

【0048】さらに、上述した実施の形態においては、円偏光素子10を構成する複数の液晶層11, 12, ..., 1nを、ガラス基板21上に成膜された1つの液晶層25から切り出すことにより形成しているが、これに限らず、図3(a)~(d)の工程を繰り返し、各液晶層11, 12, ..., 1nを異なる成膜プロセスにより形成することももちろん可能である。

【0049】さらに、上述した実施の形態においては、各液晶層11, 12, ..., 1nを積層する方法として、あらかじめ配向および硬化されたフィルム状の膜である各液晶層11, 12, ..., 1nを順次接着層等を介して積層する方法を用いているが、これに限らず、硬化状態の液晶層上に液晶相状態の液晶を直接コーティングして当該液晶を配向および硬化させることにより複数の液晶層を順次積層する方法を用いることもできる。

【0050】さらに、上述した実施の形態においては、各液晶層11, 12, ..., 1nの液晶分子を配向させるための配向基板として、ポリイミド膜等の配向膜22が形成されたガラス基板21を用いる場合を例に挙げて説明したが、これに限らず、延伸高分子フィルム等を用いることもできる。

【0051】

【実施例】次に、上述した実施の形態の具体的実施例について述べる。

【0052】(実施例1) 570nmに中心波長を持つコレステリック液晶溶液を準備した。ここで、コレステリック液晶としては、紫外線硬化型液晶のネマチック液晶とカイラル剤とを混合したモノマーを用い、溶媒としてはトルエンを用いた。また、コレステリック液晶溶液には、光重合開始剤として、Irg907(Ciba社製)を添加した。

【0053】次に、準備した配向基板上に、このようにして準備されたコレステリック液晶溶液を塗布し、90℃の温度で加温することにより、溶媒であるトルエンを蒸発させ、約5μmの厚さの、未硬化状態の液晶層を成膜した。なお、配向基板としては、ポリイミド膜が成膜されたガラス基板を用い、ポリイミド膜にはあらかじめラビング処理を施しておいた。

【0054】その後、未硬化状態の液晶層を等方相転移温度より10℃低い温度で保温し、良好な配向状態を得た後、空気雰囲気下で紫外線を照射した。照射条件は、0.7mW/cm<sup>2</sup>(310nm)で2分間照射した。このとき、配向基板の温度は85℃に保った。これにより、400~650nmの範囲で約50%程度の円偏光反射率を持つ、厚さが約5μmの広帯域液晶層が作製された。

【0055】そして、このようにして作製された1つの広帯域液晶層から複数の広帯域液晶層を切り出した後(配向基板から剥離した後)、接着層を介して積層した。なお、接着層の材料としては、光学接着剤であるNOA65(NORLAND社製)を用いた。

【0056】以上のようにして、広帯域液晶層の積層体としての円偏光素子を3種類(2層構成、3層構成および4層構成)作製した。

【0057】図4に、単層構成の円偏光素子、および上述した3種類の多層構成の円偏光素子の分光特性を示す。図4に示すように、単層構成の円偏光素子の円偏光透過率は約50%前後(円偏光反射率は約50%前後)、2層構成の円偏光素子の円偏光透過率は約35%前後(円偏光反射率は約65%前後)、3層構成の円偏光素子の円偏光透過率は約25%前後(円偏光反射率は約75%前後)、4層構成の円偏光素子の円偏光透過率は約15%前後(円偏光反射率は約85%前後)となり、円偏光反射率の低い薄膜の広帯域液晶層を複数積層することにより、円偏光反射率が異なる円偏光素子(円偏光反射率が高い円偏光素子を含む)を容易にかつ安定して作製することができた。また、このようにして得られた円偏光素子は、配向状態が良好でかつ光学特性にも優れていた。

【0058】(実施例2) 400~700nmの範囲で中心波長が異なるコレステリック液晶溶液を6種類準備した。なお、コレステリック液晶溶液の調整は実施例1と同様に行った。

【0059】次に、実施例1と同様に準備した配向基板上に、短波長側のコレステリック液晶溶液を塗布して成膜した。なお、実施例2においては、実施例1のような広帯域化のための処理は行わず、狭帯域の選択反射波長帯域を有する液晶層として形成した。

【0060】そして、このようにして形成された硬化状態の液晶層上に液晶相状態の液晶を直接コーティングして当該液晶を配向および硬化させることにより、接着層

を介在させることなく、中心波長が異なる複数の液晶層を順次積層した。なお、各液晶層の厚さは1.5～2.5 $\mu\text{m}$ となるようにした。

【0061】これにより、450～650nmの範囲で約30%程度の円偏光透過率を持つ、厚さが約9 $\mu\text{m}$ の広帯域液晶層が作製された。

【0062】そして、このようにして作製された1つの広帯域液晶層から複数の広帯域液晶層を切り出した後

(配向基板から剥離した後)、実施例1と同様の方法で広帯域液晶層を4層積層した。

【0063】図5に、単層構成の円偏光素子および4層構成の円偏光素子の分光特性を示す。図5に示すように、4層構成の円偏光素子の円偏光透過率は約10%前後(円偏光反射率は約90%前後)となり、円偏光反射率の低い薄膜の広帯域液晶層を複数積層することにより、円偏光反射率の高い円偏光素子を容易にかつ安定して作製することができた。また、このようにして得られた円偏光素子は、配向状態が良好で光学特性にも優れていた。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、配

向状態が良好でかつ光学特性に優れるとともに、円偏光成分の反射/透過の比率等の制御を容易にかつ安定して行うことができる、円偏光素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による円偏光素子の一実施の形態を示す模式図。

【図2】図1に示す円偏光素子の各液晶層における螺旋ピッチの変化の様子を説明するための図。

【図3】図1に示す円偏光素子の製造方法の一例を説明するための図。

【図4】実施例1に係る円偏光素子の分光特性を示す図。

【図5】実施例2に係る円偏光素子の分光特性を示す図。

【図6】コレステリック相構造を有する液晶層における円偏光反射率と厚さとの関係を示す図。

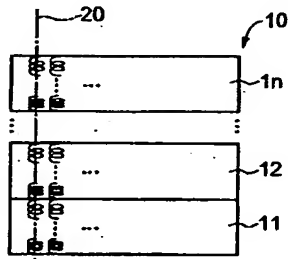
【符号の説明】

10 円偏光素子

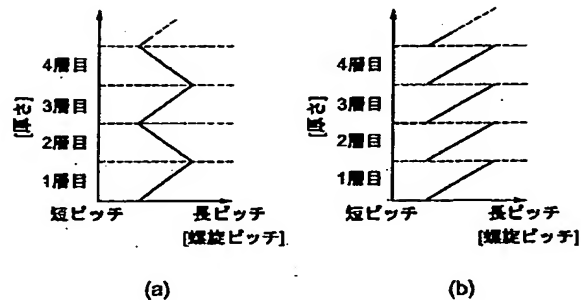
11, 12, ..., 1n 液晶層

20 螺旋軸

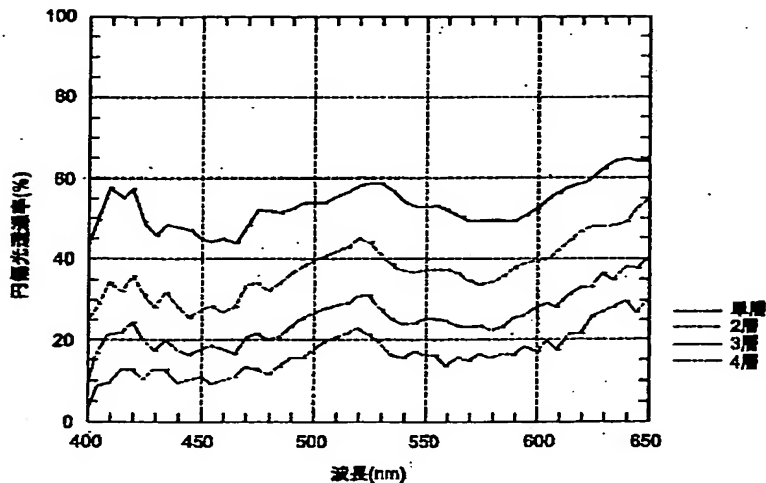
【図1】



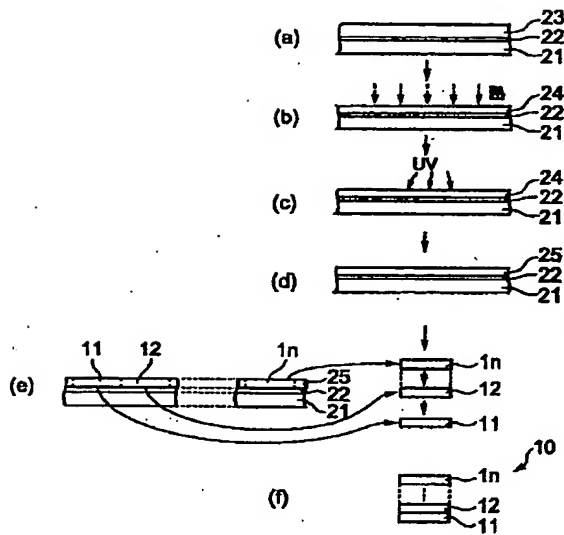
【図2】



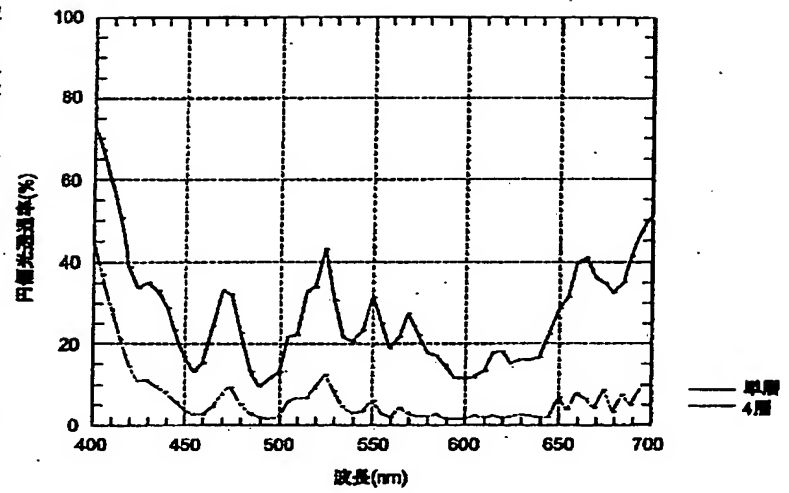
【図4】



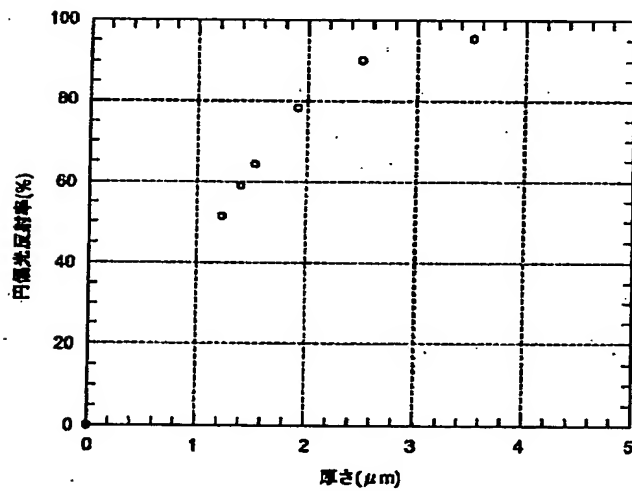
【図3】



【図5】



【図6】



**This Page Blank (uspto)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**This Page Blank (uspto)**